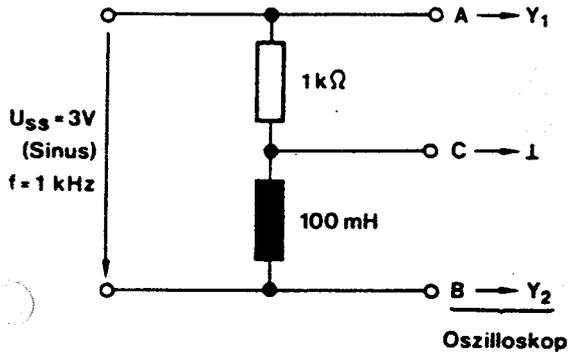


4.3 Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung an einer Spule

Allgemeines

Wird an die Spule eine Wechselspannung gelegt, kann der Spulenstrom infolge der Induktivität den schnellen Spannungsänderungen nicht folgen.



Der Strom I_L in einer Spule eilt der Spannung U_L um 90° nach.

Abb. 4.3.1

Bei einer sinusförmigen Wechselspannung erreicht beispielsweise der Strom I_L den negativen Scheitelwert eine viertel Periode (90°) später als die Spannung U_L (Abb. 4.3.1).

Der Verlustwiderstand der Spule ist bei dieser Betrachtung unberücksichtigt gelassen.

Aufgabe

Es sind der Strom- und Spannungsverlauf einer Spule zu oszilloskopieren und aus dem Schirmbild die Phasenverschiebung zwischen dem Strom I_L und der Spannung U_L zu bestimmen.

Schaltung

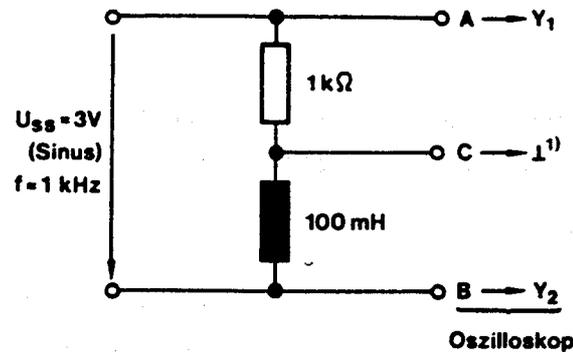


Abb. 4.3.2

¹⁾ Es ist darauf zu achten, daß der Meßpunkt C nicht über die Masse der verwendeten Geräte (Funktionsgenerator, Oszilloskop) mit den Meßpunkten B oder A verbunden ist, eventuell Trenntransformator einsetzen.

Bauelemente und Meßgeräte

- | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------|--------------|
| 1 Widerstand | 1 kOhm (2 W) | | Typ 9104.2-1 |
| 1 Spule | 100 mH (13 Ohm; 0,1 A) | | Typ 9119.9 |
| 1 Aufbauplatte | | | |
| 1 Funktionsgenerator | | | |
| 1 Oszilloskop | | | |
| - Steckverbindungen und Leitungen | | | Serie 9000 |

Versuchsdurchführung

Versuch nach Schaltung (Abb. 4.3.2) aufbauen, Funktionsgenerator anschließen und folgende Spannung einstellen:

$$U_{SS} = 3\text{ V (Sinus); } f = 1\text{ kHz}$$

Oszilloskop anschließen:

Meßpunkt A an Kanal 1 (Y₁)

Meßpunkt B an Kanal 2 (Y₂), invers

Meßpunkt C an Masse

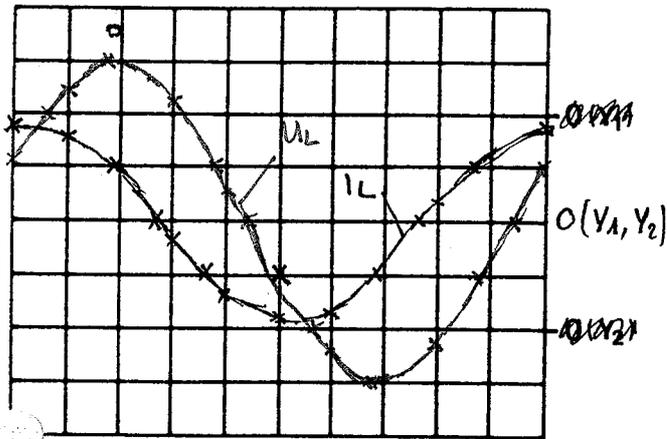
Die übrigen Einstellungen des Oszilloskops sind gemäß den Angaben am Rasterfeld 4.3.3 vorzunehmen.

Der Widerstand ($1\text{ k}\Omega$) in der Schaltung dient als Meßwiderstand. Die an ihm abfallende Spannung U_R ist proportional dem Spulenstrom I_L .

Zur gleichzeitigen Darstellung der Spulenspannung U_L und des Spulenstroms I_L (Spannung U_R) wurde der Bezugspunkt der zu messenden Spannungen zwischen dem Meßwiderstand ($1\text{ k}\Omega$) und die Spule gelegt (Meßpunkt C). Zu berücksichtigen ist hierbei, daß die beiden Spannungen 180° gegeneinander phasenverschoben dargestellt werden. Durch Invertieren einer der beiden Spannungen mit dem Oszilloskop (im Versuch Spannung U_L , Kanal 2, Y_2) erfolgt die tatsächliche Darstellung der Spannungsverläufe.

Abgebildete Spannungsverläufe in das Rasterfeld 4.3.3 einzeichnen und die Phasenverschiebung zwischen der Spulenspannung U_L und dem Spulenstrom I_L (U_R) bestimmen.

Ergebnisse und Auswertungen



Einstellungen:

$$X = 0,1\text{ ms/Teil}$$

$$Y_1 = \frac{1}{2}\text{ V/Teil}$$

$$Y_2 = \frac{1}{50}\text{ V/Teil}$$

(invertieren)

Triggerung: Y_1

Bemerkungen:

Y_1 : Spannung U_R (Spulenstrom I_L)

Y_2 : Spulenspannung U_L

Abb. 4.3.3

Phasenverschiebung zwischen Spulenstrom I_L und Spulenspannung U_L : 90°

4.4 Induktiver Blindwiderstand einer Spule

Allgemeines

Eine Spule hat im Wechselstromkreis eine strombegrenzende Wirkung, die durch die in ihr erzeugte Gegenspannung entsteht.

Diese strombegrenzende Wirkung wird als Blindwiderstand X_L bezeichnet.

Die Höhe des Blindwiderstandes ist von der Induktivität einer Spule und der Frequenz der angelegten Wechselspannung abhängig. Die Berechnung des Blindwiderstandes erfolgt bei einer sinusförmigen Wechselspannung mit nachfolgender Formel:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

X_L = Blindwiderstand der Spule in
 $2 \cdot \pi \cdot f$ = Kreisfrequenz ω in 1/s
 L = Induktivität in H

Bei bekanntem Spulenstrom und bekannter Spulenspannung erfolgt die Berechnung mit der Formel:

$$X_L = \frac{U_L}{I_L}$$

Aufgabe

Es sind der Strom- und Spannungsverlauf an verschiedenen Spulen und bei unterschiedlichen Frequenzen zu oszilloskopieren und die Kennlinien $X_L = f(f)$ aufzunehmen. Der jeweilige Blindwiderstand ist aus dem Bildschirm heraus über die Spitze-Spitze-Werte zu ermitteln.

Schaltung

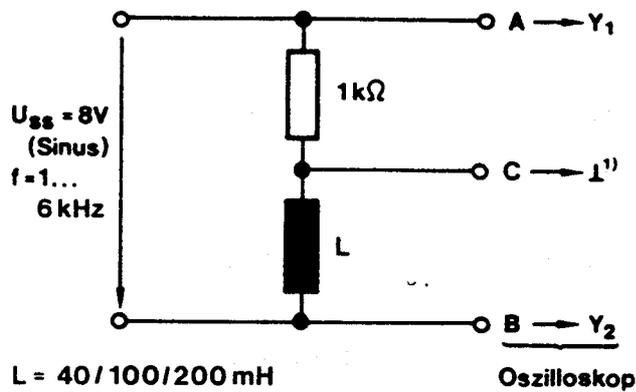


Abb. 4.4.1

1) Es ist darauf zu achten, daß der Meßpunkt C nicht über die Masse der verwendeten Geräte (Funktionsgenerator, Oszilloskop) mit den Meßpunkten B oder A verbunden ist, eventuell Trenntransformator einsetzen.

Bauelemente und Meßgeräte

1 Widerstand	1 k Ω (2 W)	Typ 9104.2-1
1 Spule	40 mH (8 Ω ; 0,1 A)	Typ 9119.7
1 Spule	100 mH (13 Ω ; 0,1 A)	Typ 9119.9
1 Spule	200 mH (19 Ω ; 0,1 A)	Typ 9119.10
1	Aufbauplatte	
1	Funktionsgenerator	
1	Oszilloskop	
-	Steckverbindungen und Leitungen	Serie 9000

Versuchsdurchführung

Versuch nach Schaltung (Abb. 4.4.1) aufbauen, am Funktionsgenerator eine Spannung von

$$U_{SS} = 8 \text{ V (Sinus); } f = 1 \text{ kHz}$$

einstellen und an die Schaltung anlegen.

Oszilloskop anschließen:

Meßpunkt A an Kanal 1 (Y_1)

Meßpunkt B an Kanal 2 (Y_2), invers

Meßpunkt C an Masse

Der Widerstand ($1 \text{ k}\Omega$) in der Schaltung dient als Meßwiderstand; die an ihm abfallende Spannung U_R ist proportional dem Spulenstrom I_L .

Der jeweilige Spulenstrom I_L errechnet sich danach mit der Formel $I_L = U_R/R$.

Spitze-Spitze-Werte von U_R und U_L bei den in der Tabelle 4.4.2 angegebenen Frequenzen und Spulen vom Schirmbild ablesen und in die Tabelle eintragen.

Werte für I_L und X_L errechnen und ebenfalls in die Tabelle 4.4.2 eintragen.

Werte X_L zur Konstruktion der Kennlinien $X_L = f(f)$ in das Diagramm (Abb. 4.4.3 übernehmen.

Was sagt der Verlauf der Kennlinien aus?

Blindwiderstand X_L der Spule 100 mH rechnerisch mit der Formel $X_L = \omega \cdot L$ ermitteln (bei $f = 2 \text{ kHz}$) und mit dem im Versuch ermittelten Wert vergleichen.

Ergebnisse und Auswertungen

f (kHz)		1	2	3	4	5	6
U_L (V)	40 mH						
	100 mH	0,64	1,19 0,65	2,4	5	6,6	4,6
	200 mH						
U_R (V)	40 mH	BA	SA	7,9	5,6	3	7
	100 mH	15,3	8	7,9	5,6	3	7
	200 mH						
I_L (mA)	40 mH						
	100 mH	3,5	8	7,9	5,6	3	7
	200 mH						
X_L (k Ω)	40 mH						
	100 mH	0,076	0,166	0,3	0,892	2,2	0,667
	200 mH						

Tab. 4.4.2

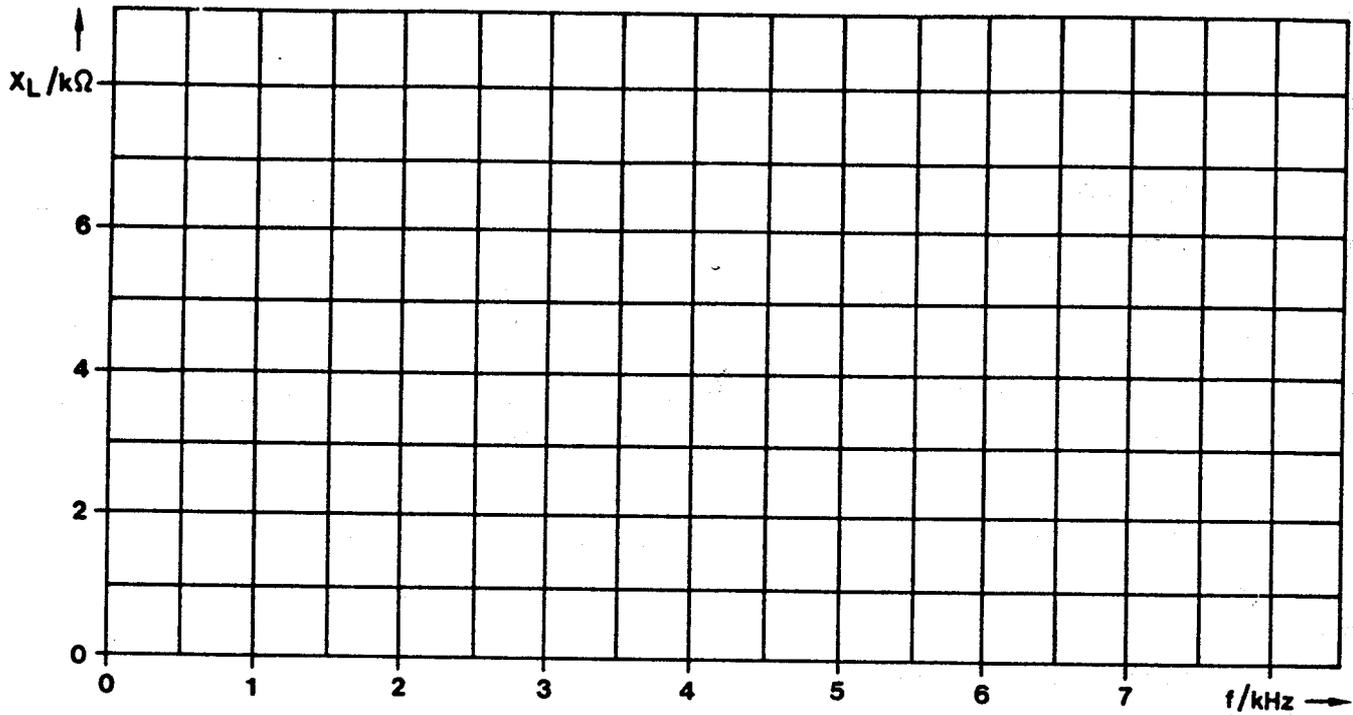


Abb. 4.4.3

Rechnerische Ermittlung des Blindwiderstandes X_L bei $L = 100 \text{ mH}$ und $f = 2 \text{ kHz}$:

$$X_L = \omega \cdot L =$$

Im Versuch ermittelter Wert: